



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 809 084 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
19.03.2003 Bulletin 2003/12

(51) Int Cl.7: **F41G 7/30**

(21) Numéro de dépôt: **97401026.6**

(22) Date de dépôt: **07.05.1997**

(54) **Dispositif de détermination de l'orientation en roulis d'un engin volant, notamment d'une munition**

Vorrichtung zur Rollwinkelbestimmung eines Flugkörpers, insbesondere einer Munition

Apparatus for determining the roll angle position of a flying device, especially of an ammunition

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT SE

(30) Priorité: **14.05.1996 FR 9605979**

(43) Date de publication de la demande:
26.11.1997 Bulletin 1997/48

(73) Titulaires:
• **TDA ARMEMENTS S.A.S.**
45240 La Ferté Saint-Aubin (FR)
• **THALES AVIONICS S.A.**
78141 Vélizy Villacoublay Cédex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Labroche, Jean-Paul, Thomson-CSF, SCPI**
94117 Arcueil Cedex (FR)
• **Dussurgey, Charles, Thomson-CSF, SCPI**
94117 Arcueil Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Benoit, Monique et al**
Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,
13, Avenue du Président Salvador Allende
94117 Arcueil Cédex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 341 772 EP-A- 0 453 423
WO-A-95/28776 DE-A- 1 456 151
US-A- 2 980 363 US-A- 3 374 967

EP 0 809 084 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un dispositif de détermination de l'orientation en roulis d'un engin volant, par exemple d'une munition. Elle s'applique notamment

[0002] L'amélioration de l'efficacité des munitions d'artillerie passe notamment par une réduction de la dispersion de leur point d'impact au sol.

[0003] En général, cette dispersion est caractérisée par les deux composantes suivantes :

- la dispersion en portée, qui est dans le plan de la trajectoire théorique
- la dispersion latérale, qui est perpendiculaire au plan de la trajectoire théorique.

[0004] Une méthode connue, actuellement pour diminuer les imprécisions d'impact consiste notamment à corriger les angles de pointage du tube, à partir d'informations fournies par des observateurs avancés sur les points d'impact réels de premières munitions projetées. Il ne subsiste alors dans la dispersion, en plus de l'erreur

[0005] Il est par ailleurs connu de doter un missile de moyens de correction de sa trajectoire en portée, tel que décrit dans le document US-A-3 374 967.

[0006] Il est par ailleurs connu de doter une munition de dispositifs aptes à la localiser par des systèmes GPS ou à centrales inertielle à bas prix pour:

- dans un premier temps corriger les angles de pointage pour les tirs futurs à partir des mesures de la trajectoire réelle du premier obus tiré, la nécessité d'observateurs étant ainsi supprimée,
- dans un deuxième temps corriger directement la trajectoire réelle, en utilisant des dispositifs de contrôle adaptés, embarqués dans la munition.

[0007] Cette dernière méthode, plus complexe, offre l'avantage d'éviter le tir d'ajustement. Il permet le tir d'emblée. Cela est intéressant du point de vue opérationnel pour au moins les deux raisons suivantes :

- l'effet de surprise ne permet pas à la cible de quitter la zone visée,
- la minimisation du temps nécessaire pour réaliser un tir au but permet de quitter rapidement la position de tir, ce qui diminue fortement la probabilité de localisation par des radars de contre-batterie.

[0008] Deux étapes sont envisagées pour corriger la trajectoire des munitions.

- La première consiste à corriger uniquement les erreurs de portée. Il suffit donc d'une action dans le plan vertical qui peut être réalisée de façon relativement simple, en visant volontairement au-delà de la cible, puis en contrôlant la traînée aérodynamique par exemple par un système d'aérofrein. La courbure de la trajectoire est ainsi modulée. Le contrôle de la portée met en jeu des forces purement axiales et ne requiert donc que des informations de localisation de la munition.

- La deuxième étape, plus difficile à mettre en oeuvre, consiste à corriger à la fois les erreurs en portée et les erreurs latérales. Outre la nécessité de disposer d'actionneurs développant des forces perpendiculaires à la vitesse de la munition, il est de plus nécessaire de commander ces actionneurs lorsqu'ils sont dans une position propice pour résorber l'écart latéral de trajectoire. Cela nécessite donc de connaître l'orientation des forces de contrôle générées par les actionneurs, par rapport à une référence terrestre, par exemple la verticale.

[0009] Le but de l'invention est de déterminer l'orientation notamment d'une munition par rapport à une référence terrestre, par exemple le plan vertical. L'angle d'orientation ainsi défini s'apparente en fait à l'angle de roulis de la munition.

[0010] A cet effet, l'invention a pour objet, un dispositif de détermination de l'angle de roulis d'un engin volant, caractérisé en ce qu'il comporte embarqués dans l'engin, au moins :

- une antenne de réception d'un signal GPS
- des moyens de réémission du signal GPS vers le sol, les moyens de réémission comportant une antenne anisotrope au moins dans le plan de roulis de l'engin

et en ce qu'il comporte au sol, au moins :

- des moyens de réception du signal GPS
- des moyens calculant l'angle que fait un premier plan avec un plan de référence lorsqu'une singularité d'anisotropie de l'antenne de réémission rencontre le premier plan, ce plan étant défini par le vecteur vitesse de l'engin et un vecteur dont l'origine et l'extrémité sont respectivement les points de référence des positions de l'engin et des moyens de réception du signal GPS, le point de référence de l'engin et son vecteur vitesse étant fournis par le signal GPS reçu par l'antenne embarquée et réémis vers les moyens de réception, l'angle calculé étant l'angle de roulis.

[0011] L'invention a notamment pour principaux avantages qu'elle permet la correction de trajectoires en portée et en latéral sans équipements complémentaires de type détecteur de verticale embarqués dans la mu-

dition, qu'elle permet des calculs de correction de trajectoire effectués au sol, qu'elle est simple à mettre en oeuvre et qu'elle est économique dans la mesure notamment où elle ne nécessite pas un système complet embarqué dans une munition ou tout autre engin volant.

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, des exemples de trajectoires réelles et théoriques d'une munition avec des écarts en portée et en latéral au niveau des points d'impact,
- la figure 2, un mode de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention,
- la figure 3, un exemple de signal réémis par une antenne embarquée dans une munition et anisotrope au moins dans le plan de roulis de la munition,
- la figure 4, une illustration de l'angle de roulis calculé par le dispositif selon l'invention à partir de données fournies par un système GPS combinées au signal précité relatif à la figure 3.

[0013] La figure 1 montre un exemple d'écart entre une trajectoire théorique 1 et une trajectoire réelle 2 d'une munition. Le point d'impact réel I_r présente un écart Δx en portée et Δy en latéral par rapport au point d'impact théorique I_t . Pour un projectile ayant une portée d'environ 20 km, les ordres de grandeur des écarts Δx et Δy sont respectivement de 200m et de 120m. Δy représente un écart par rapport au plan vertical 3 de la trajectoire théorique. Comme il a été vu précédemment, la correction de la trajectoire réelle nécessite de connaître l'angle que fait la munition par rapport à un plan, de préférence vertical, l'angle considéré étant un angle de roulis de la munition ou de rotation autour d'elle-même. Dans toute la suite de la description, la détermination de cet angle sera appliquée pour une munition dans le but notamment de corriger sa trajectoire. Cependant, l'invention peut s'appliquer pour déterminer l'angle de roulis de tous types d'engins volants quelle que soit l'utilisation ultérieure de cet angle. Les engins volants peuvent par exemple être des obus, des bombes, des roquettes, ou des missiles. L'invention est notamment adaptée à des engins ayant des vitesses de roulis de l'ordre par exemple de 10 à 50 tours par seconde.

[0014] La figure 2 illustre un mode de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention. Il comporte des éléments embarqués sur la munition tirée 21 et des éléments au sol. Un des intérêts de l'invention est de disposer au sol la plupart des éléments complexes et coûteux, les éléments disposés dans la munition étant de faible coût. Les éléments au sol sont communs à plusieurs munitions, en pratique à un grand nombre de munitions.

[0015] L'invention utilise le système connu GPS, cette deuxième expression étant issue de l'expression anglosaxonne "Global Positioning System". Le système GPS est utilisé notamment pour obtenir les coordon-

nées et le vecteur vitesse de la munition 21. Afin notamment de minimiser les coûts dits consommables, c'est-à-dire les coûts liés à la munition qui ne sert qu'une seule fois, la munition 21 ne comporte pas de récepteur GPS, système coûteux, mais seulement une antenne GPS, à structure annulaire par exemple puis des moyens de réémission de ce signal vers le sol. Les moyens de réémission comportent au moins une antenne de réémission 23 à structure anisotrope dans le plan de roulis de la munition 21, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à son axe longitudinal 24. Comme il sera exposé ultérieurement, la combinaison du signal GPS et d'un signal produit par la qualité d'anisotropie de l'antenne de réémission 23 permet selon l'invention de déterminer l'angle de roulis de la munition 21.

[0016] Un transpondeur 25 est par exemple intercalé entre l'antenne GPS 22 et l'antenne de réémission 23. L'antenne GPS reçoit un signal d'un satellite puis le transpondeur 25 transpose la fréquence du signal reçu dans une autre bande de fréquence, de préférence de fréquence supérieure. Le transpondeur 25 transpose par exemple le signal GPS dans la bande S, toute autre bande de fréquence est envisageable en fonction de l'application. La transposition de fréquence est, quant à elle, préférable pour éviter de réémettre dans la bande de fréquence réservée aux signaux GPS et pour éviter ainsi tout risque de confusion.

[0017] Au sol, le dispositif comporte au moins un récepteur GPS 26 et des moyens de calcul 27 qui permettent de définir l'angle que fait un point singulier de l'antenne de réémission 23 avec un plan de référence passant par l'axe de roulis de la munition 21, en fait son axe longitudinal 24, à partir notamment d'un signal particulier capté par les moyens de réception GPS au sol, lorsque le point singulier passe par exemple au plus près de ces derniers. L'angle ainsi défini représente l'angle de roulis de la munition.

[0018] Une antenne de réception 28, fonctionnant par exemple en bande S reçoit le signal 32 réémis par l'antenne 23 de la munition 21. L'antenne 28 est par exemple reliée à des moyens 29 pour transposer le signal reçu, par exemple en bande S, dans la bande de fréquence des signaux GPS. Les moyens de transposition 29 sont reliés au récepteur GPS 26 via un commutateur 30 à deux positions par exemple. Dans une première position le commutateur 30 relie le récepteur GPS 26 à une antenne 31. Dans une deuxième position, il relie le moyen de transposition de fréquence 29 au récepteur GPS 26. Dans la première position, le système GPS permet de connaître la position de l'antenne 31. Quand le commutateur bascule dans sa deuxième position, c'est-à-dire au moment du tir, le récepteur exploite alors indirectement les signaux reçus par la munition 21 et localise cette dernière comme s'il était à son bord.

[0019] La précision du dispositif peut être sensiblement améliorée en employant un second récepteur, fixe permettant le positionnement dit en différentiel. Ce dernier calcule des corrections à appliquer par le récepteur

26, au même titre qu'un récepteur porté par la munition.

[0020] Les informations GPS en tant que telles ne peuvent fournir aucune information sur l'orientation du roulis de la munition 21. Pour obtenir l'angle de roulis, le dispositif selon l'invention exploite la propriété d'anisotropie de l'antenne de réémission 23. Cette antenne fournit aux moyens de réceptions 28, 29, 26 situés au sol une information caractéristique à chaque tour que réalise la munition 21 sur elle-même.

[0021] La figure 3 présente un exemple de signal caractéristique tel que fourni par l'antenne de réémission 23, anisotrope au moins dans le plan de roulis de la munition. Le signal 32 réémis par l'antenne anisotrope 23 est représenté par son amplitude en fonction du temps t . Ce signal est par exemple dans la bande S. La caractéristique précitée est par exemple un pic de signal 39. Ce pic 39 apparaît à chaque fois qu'une singularité de l'antenne passe en regard des moyens de réception au sol, par exemple en regard de l'antenne 28 de bande S. La singularité causant cette caractéristique de signal est notamment une cause d'anisotropie de l'antenne de réémission 23, qui fonctionne en bande S par exemple, dans le cas d'utilisation d'un transpondeur 25 de bande S. La durée entre deux pics 39 consécutifs indique la durée d'un tour de roulis de la munition. La singularité précitée peut être réalisée de différentes façons connues de l'homme du métier.

[0022] Les moyens de calcul 27 exploitent le signal de la figure 3 ainsi que les données GPS constituées notamment de la position et du vecteur vitesse de la munition 21. Des moyens de numérisation non représentés, par exemple intégrés aux moyens de calcul 27, délivrent les données et caractéristiques précitées directement exploitables par ces derniers.

[0023] La figure 4 illustre un traitement possible effectué par les moyens de calcul 27. Ces derniers utilisent la direction base-munition, le point de référence de la base étant donné par le signal reçu par l'antenne 31 de réception GPS au sol. Cette direction est connue avec précision puisque le point de référence de la base ainsi que le point de référence de la munition 21 sont parfaitement déterminés par les signaux GPS comme il a été vu précédemment.

[0024] Le pic de signal 29 tel que par exemple illustré par la figure 3 apparaît lorsque la singularité 41 de l'antenne de réémission 23 passe au plus près par exemple de l'antenne 28 de réception bande S, c'est-à-dire précisément lorsque la singularité 41 passe dans le plan P_s formé par l'axe 24 de la munition 21 et la direction base-munition. L'axe 24 de la munition est porté par un vecteur \vec{X} . M étant le point de référence de la munition 21 et S étant le point de référence de la base au sol, la direction base-munition est portée par le vecteur d'origine S et d'extrémité M . Par la suite, le vecteur opposé \vec{MS} est pris en compte.

[0025] M et S étant donné par les signaux GPS, il en est donc de même pour le vecteur \vec{MS} . En ce qui concerne le vecteur \vec{X} qui porte l'axe 24 de la munition 21,

ce vecteur \vec{X} est, à quelques degrés près, colinéaire au vecteur vitesse \vec{V} de la munition 21. Ce vecteur vitesse \vec{V} est aussi obtenu au moyen des signaux GPS. Les quelques degrés d'erreur précités sont négligés et le vecteur \vec{X} est considéré colinéaire au vecteur vitesse \vec{V} . Les données GPS permettent donc alors d'obtenir le plan P_s formé par les vecteurs \vec{X} et \vec{MS} .

[0026] Selon l'invention, les moyens de calcul 27 exploitent le fait qu'il existe une corrélation entre la présence par exemple d'un pic de signal avec une direction connue dans le repère terrestre, cette direction connue étant portée par le vecteur \vec{MS} . Les moyens de calcul 27 déterminent alors l'orientation en roulis de la munition 27 en exécutant par exemple des calculs appropriés à partir de données de position et de direction.

[0027] La direction de la singularité 41 de l'antenne de réémission 23 est portée par un vecteur noté \vec{Y} . L'instant d'apparition d'un pic correspond à l'instant où le vecteur \vec{Y} se situe dans le plan P_s porté par les vecteurs \vec{X} et \vec{MS} .

[0028] A cet instant, la position en roulis de la munition 21 par rapport à un plan de référence est définie par l'angle φ que fait le plan P_s avec ce plan de référence. Ce dernier est par exemple le plan vertical P_v . A chaque tour de munition, quand la singularité 41 coïncide dans le plan P_s , les moyens de calcul 27 peuvent donc déterminer l'angle φ que fait la singularité avec par exemple le plan vertical P_v , ce qui donne en fait une indication de l'angle de roulis qui est cet angle calculé φ . Bien entendu, le plan P_s varie au cours du temps en fonction de la trajectoire de la munition 21. D'une certaine façon, les mesures de l'angle de roulis sont échantillonnées dans le temps, les instants d'échantillonnage étant les instants où la particularité 41 de l'antenne de réémission 21 rencontre le plan P_s formé en fait du vecteur vitesse \vec{V} de la munition, approximativement colinéaire au vecteur \vec{X} , et du vecteur \vec{MS} défini par les points de référence de la munition 21 et de la base sol 28, 29, 26. Le vecteur \vec{MS} et vecteur \vec{V} sont issus des données de positionnement et de direction fournies par les signaux GPS.

[0029] L'angle φ peut être calculé par les moyens de calcul 27 selon la relation suivante :

$$\varphi = \arcsin \left[\frac{\vec{MS} \cdot (\vec{Z} \wedge \vec{X})}{\|\vec{X} \wedge \vec{MS}\| \|\vec{X} \wedge \vec{Z}_0\|} \right]$$

- \vec{X} étant le vecteur unitaire définissant l'axe 24 de la munition, pris par approximation colinéaire au vecteur vitesse \vec{V} de la munition

- \vec{Z}_0 étant le vecteur du plan vertical Pv dirigé du point M de référence de la munition 21 vers le sol, le plan vertical contenant \vec{Z}_0 et \vec{X} .
- $\vec{Z}_0 \wedge \vec{X}$, $\vec{X} \wedge \vec{MS}$ et $\vec{X} \wedge \vec{Z}_0$ représentent respectivement les produits vectoriels entre les vecteurs \vec{Z}_0 et \vec{X} , \vec{X} et \vec{MS} et \vec{X} et \vec{Z}_0 .

[0030] Une fois l'angle φ calculé, les moyens de calcul 27 peuvent en outre effectuer un traitement pour déterminer un ordre de correction 33 à envoyer à la munition 21. Cet ordre de correction est notamment fonction de la position de la munition dans le repère terrestre, de la position de l'objectif de la munition dans le même repère terrestre, du vecteur vitesse \vec{V} de la munition et de l'angle φ de roulis.

[0031] Il apparaît bien que l'invention offre plusieurs avantages. Elle permet notamment une correction de trajectoire en portée et en latéral sans équipements complémentaires par exemple de type détecteur de verticale embarqués dans la munition. La combinaison des données GPS et du signal réémis par l'antenne anisotrope 23 permet en effet selon l'invention de déterminer l'angle de roulis, nécessaire notamment à la correction de la trajectoire en portée et en latéral.

[0032] Le coût des matériels embarqués dans la munition et nécessaires notamment à la détermination de l'angle de roulis φ sont réduits dans la mesure où elle ne nécessite tout au plus qu'une antenne GPS 22, un transpondeur 25 et une antenne de réémission 23. Les moyens coûteux sont disposés au sol et sont communs à toutes les munitions, ces moyens au sol sont principalement le récepteur GPS 26 et les moyens 27 de calcul 27 de l'angle de roulis, puis l'antenne 28 par exemple de bande S et les moyens de transposition 29.

Revendications

1. Dispositif de détermination de l'angle de roulis d'un engin volant (21), **caractérisé en ce qu'il** comporte embarqués dans l'engin (21), au moins :
 - une antenne (22) de réception d'un signal GPS
 - des moyens de réémission (23, 25) du signal GPS vers le sol, les moyens de réémission comportant une antenne anisotrope (23) au moins dans le plan de roulis de l'engin (21)

et **en ce qu'il** comporte au sol, au moins :

 - des moyens (28, 29, 30, 26) de réception du signal GPS
 - des moyens (27) calculant l'angle (φ) que fait un premier plan (Ps) variant au cours du temps en fonction de la trajectoire de l'engin 21 avec un plan de référence (Pv) lorsqu'une singularité d'anisotropie (41) de l'antenne (23) de réémission rencontre le premier plan (Ps), ce plan (Ps)

étant défini par le vecteur vitesse (\vec{V}) de l'engin (21) et un vecteur \vec{MS} dont l'origine (M) et l'extrémité (S) sont respectivement les points de référence des positions de l'engin (21) et des moyens de réception (28, 29, 30, 26) du signal GPS, le point de référence (M) de l'engin (21) et son vecteur vitesse étant fournis par le signal GPS reçu par l'antenne (22) embarquée et réémis vers les moyens de réception (28, 29, 30, 26), l'angle (φ) calculé étant l'angle de roulis.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de réémission comportent un transpondeur (25) transposant le signal GPS dans une autre bande de fréquence, l'antenne de réémission (23) étant adaptée à cette dernière bande de fréquence, les moyens de réception du signal GPS comportant au sol, outre un récepteur GPS (26), une antenne de réception adaptée (28) et des moyens (29) de transposition du signal reçu dans la bande de fréquence des signaux GPS pour fournir le récepteur GPS (26).
3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le signal GPS est transposé dans la bande S.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le plan de référence (Pv) est le plan vertical.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte avant le récepteur GPS (26) un commutateur (30) qui dans une première position relie l'entrée du récepteur GPS (26) à une antenne GPS (31) au sol pour déterminer la position des moyens de réception au sol, et dans une deuxième position relie l'entrée du récepteur GPS (26) au signal (32) reçu depuis l'engin volant (21).
6. Dispositif selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** le commutateur (30) est dans sa première position avant le lancement de l'engin (21).
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la rencontre de la singularité (41) de l'antenne anisotrope (23) avec le premier plan (Ps) est définie par un pic (29) du signal (32) reçu par les moyens de réception (28, 29, 30, 26) au sol depuis l'engin volant (21).
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de calcul (27) réalisent l'opération suivante :

$$\varphi = \arcsin \left[\frac{\vec{MS} \cdot (\vec{Z} \wedge \vec{X})}{\|\vec{X} \wedge \vec{MS}\| \|\vec{X} \wedge \vec{Z}_0\|} \right] \quad 5$$

pour calculer l'angle entre le premier plan (Ps) et le plan de référence (Pv) 10

- φ étant l'angle entre le premier plan (Ps) et le plan de référence (Pv);
- \vec{MS} étant le vecteur ayant pour origine et extrémité respectivement les points de référence (M) de l'engin (21) et (S) des moyens de réception (28, 29, 30, 26) au sol
- \vec{X} étant un vecteur unitaire colinéaire au vecteur vitesse (\vec{V}) de l'engin (21)
- \vec{Z}_0 étant un vecteur du plan de référence non colinéaire au vecteur \vec{X} , le plan de référence passant par ce dernier.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'engin volant (21) est une munition. 25

Patentansprüche 30

1. Vorrichtung für die Bestimmung des Rollwinkels einer Lenkrakete (21), **dadurch gekennzeichnet, daß** sie eingebaut in die Rakete (21) wenigstens umfaßt:

- eine Antenne (22) für den Empfang eines GPS-Signals;
- Mittel (23, 25) zum Zurücksenden des GPS-Signals zum Boden, wobei die Rücksendemittel eine Antenne (23) aufweisen, die wenigstens in der Rollebene der Rakete (21) anisotrop ist, und

dadurch, daß sie am Boden wenigstens umfaßt:

- Mittel (28, 29, 30, 26) für den Empfang des GPS-Signals,
- Mittel (27), die den Winkel (φ) berechnen, den eine erste Ebene (Ps), die sich mit der Zeit in Abhängigkeit von der Bahn der Rakete (21) ändert, mit einer Referenzebene (Pv) bildet, wenn auf die erste Ebene (Ps) eine Anisotropie-Singularität (41) der Rücksendeantenne (23) trifft, wobei diese Ebene (Ps) durch den Geschwin-

digkeitsvektor (\vec{V}) der Rakete (21) und einen Vektor \vec{MS} definiert ist, dessen Ursprung M und dessen Ende S die Referenzpunkte der Positionen der Rakete (21) bzw. der Mittel (28, 29, 30, 26) für den Empfang des GPS-Signals sind, wobei der Referenzpunkt M der Rakete (21) und sein Geschwindigkeitsvektor durch das von der eingebauten Antenne (22) empfangene und zu den Empfangsmitteln (28, 29, 30, 26) zurückgesendete GPS-Signal geliefert werden, wobei der berechnete Winkel (φ) der Rollwinkel ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rücksendemittel einen Transponder (25) enthalten, der das GPS-Signal in ein anderes Frequenzband transponiert, wobei die Rücksendeantenne (23) an dieses letztere Frequenzband angepaßt ist, wobei die Mittel für den Empfang des GPS-Signals am Boden außer dem GPS-Empfänger (26) eine angepaßte Empfangsantenne (28) sowie Mittel (29) für die Transposition des empfangenen Signals in das Frequenzband der GPS-Signale, um es zum GPS-Empfänger (26) zu liefern, umfassen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** das GPS-Signal in das S-Band transponiert wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Referenzebene (Pv) die vertikale Ebene ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie vor dem GPS-Empfänger (26) einen Schalter (30) umfaßt, der in einer ersten Stellung den Eingang des GPS-Empfängers (26) mit einer GPS-Antenne (31) am Boden verbindet, um die Position der Empfangsmittel am Boden zu bestimmen, und in einer zweiten Stellung den Eingang des GPS-Empfängers (26) mit dem von der Lenkrakete (21) empfangenen Signal (32) verbindet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schalter (30) vor dem Start der Rakete (21) in seiner ersten Stellung ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Zusammentreffen der Singularität (41) der anisotropen Antenne (23) mit der ersten Ebene (Ps) durch einen Peak (29) des von den Empfangsmitteln (28, 29, 30, 26) am Boden von der Lenkrakete (21) empfangenen Signals (32) definiert ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rechenmittel die folgende Operation

$$\varphi = \arcsin \left[\frac{\overrightarrow{MS} \cdot (\vec{Z} \wedge \vec{X})}{\|\vec{X} \wedge \overrightarrow{MS}\| \|\vec{X} \wedge \vec{Z}_0\|} \right]$$

ausführen, um den Winkel zwischen der ersten Ebene (Ps) der Referenzebene (Pv) zu berechnen.

- wobei φ der Winkel zwischen der ersten Ebene (Ps) und der Referenzebene (Pv) ist;
- \overrightarrow{MS} der Vektor ist, der als Ursprung und als Ende die Referenzpunkte (M) der Rakete (21) bzw. (S) der Empfangsmittel (28, 29, 30, 26) am Boden hat,
- \vec{X} ein Einheitsvektor ist, der zu dem Geschwindigkeitsvektor (\vec{V}) der Rakete (21) kollinear ist,
- \vec{Z}_0 ein Vektor der Referenzebene ist, der zu dem Vektor \vec{X} nicht kollinear ist, wobei die Referenzebene durch diesen letzteren verläuft.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Lenkrakete (21) eine Munition ist.

Claims

1. Device for determining the angle of roll of a projectile (21), **characterized in that** it comprises, on board the projectile (21), at least:

- an antenna (22) for receiving a GPS signal
- means of retransmission (23, 25) of the GPS signal to the ground, the retransmission means comprising an antenna (23) which is anisotropic at least in the plane of roll of the projectile (21)

and **in that** it comprises on the ground, at least:

- means (28, 29, 30, 26) of reception of the GPS signal
- means (27) calculating the angle (φ) made by a first plane (Ps) varying over time as a function of the trajectory of the projectile (21) with a reference plane (Pv) when a singularity of anisotropy (41) of the retransmission antenna (23) meets the first plane (Ps), this plane (Ps) being defined by the velocity vector (\vec{V}) of the projec-

tile (21) and a vector \overrightarrow{MS} whose origin (M) and tip (S) are respectively the reference points of the positions of the projectile (21) and of the means of reception (28, 29, 30, 26) of the GPS signal, the reference point (M) of the projectile (21) and its velocity vector being supplied by the GPS signal received by the onboard antenna (22) and retransmitted to the means of reception (28, 29, 30, 26), the angle (φ) calculated being the angle of roll.

2. Device according to Claim 1, **characterized in that** the retransmission means comprise a transponder (25) transposing the GPS signal into another frequency band, the retransmission antenna (23) being matched to this latter frequency band, the means of reception of the GPS signal comprising on the ground, in addition to a GPS receiver (26), a matched reception antenna (28) and means (29) of transposition of the signal received into the frequency band of the GPS signals so as to supply the GPS receiver (26).

3. Device according to Claim 2, **characterized in that** the GPS signal is transposed into the S band.

4. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the reference plane (Pv) is the vertical plane.

5. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises ahead of the GPS receiver (26), a switch (30) which in a first position links the input of the GPS receiver (26) to a GPS antenna (31) on the ground so as to determine the position of the ground reception means and in a second position links the input of the GPS receiver (26) to the signal (32) received from the projectile (21).

6. Device according to Claim 5, **characterized in that** the switch (30) is in its first position before the launching of the projectile (21).

7. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the meeting of the singularity (41) of the anisotropic antenna (23) with the first plane (Ps) is defined by a spike (29) of the signal (32) received by the ground reception means (28, 29, 30, 26) from the projectile (21).

8. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the means of calculation (27) carry out the following operation:

$$\varphi = \arcsin \left[\frac{\overrightarrow{MS} \cdot (\vec{Z} \times \vec{X})}{\|\vec{X}\| \|\overrightarrow{MS}\| \|\vec{Z} \times \vec{X}\|} \right] \quad 5$$

so as to calculate the angle between the first plane (Ps) and the reference plan (Pv)

10

- φ being the angle between the first plane (Ps) and the reference plane (Pv);
- \overrightarrow{MS} being the vector whose origin and tip are respectively the reference points (M) of the projectile (21) and (S) of the ground reception means (28, 29, 30, 26) 15
- \vec{X} being a unit vector collinear with the velocity vector (\vec{V}) of the projectile (21)
- \vec{Z}_o being a vector of the reference plane which is not collinear with the vector \vec{X} , the reference plane passing through the latter. 20

9. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the projectile (21) is a munition. 25

30

35

40

45

50

55

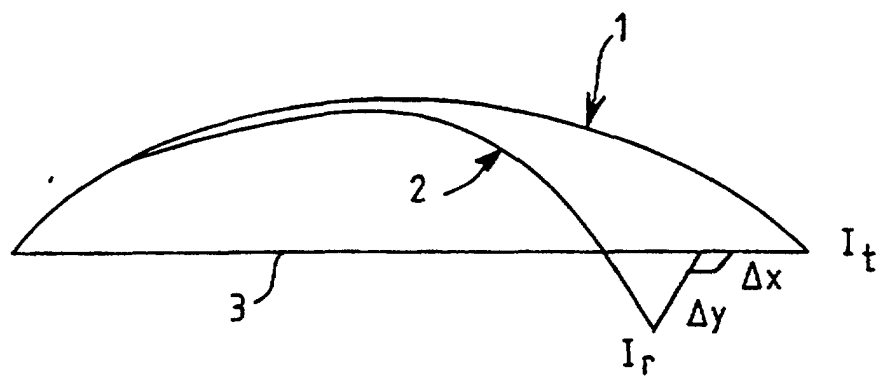


FIG.1

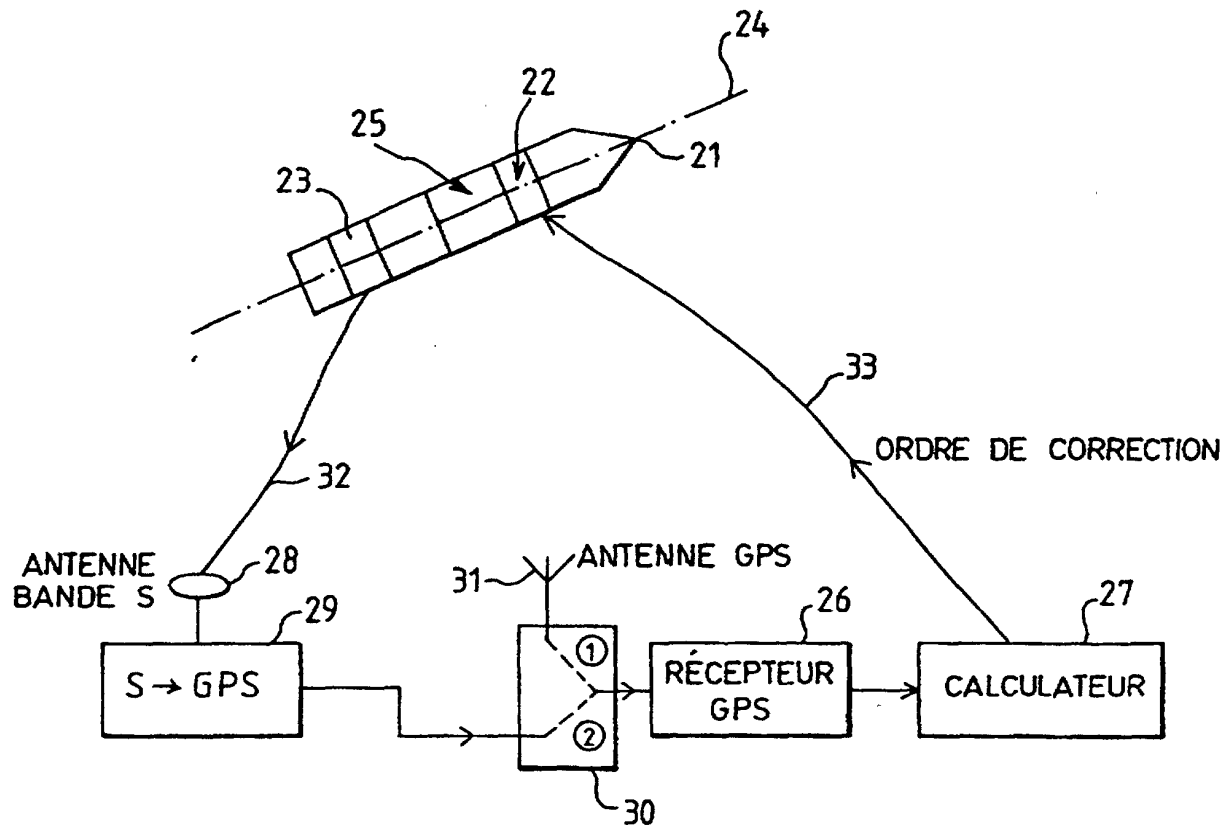


FIG.2

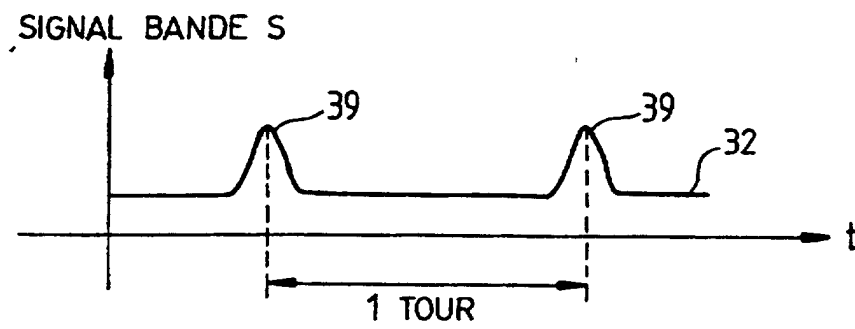


FIG.3

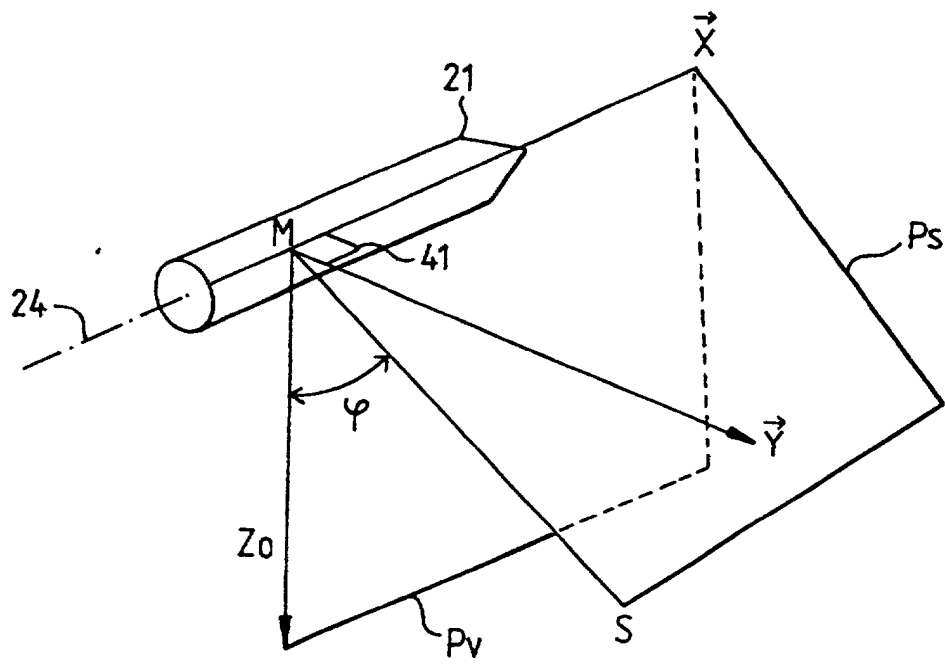


FIG.4